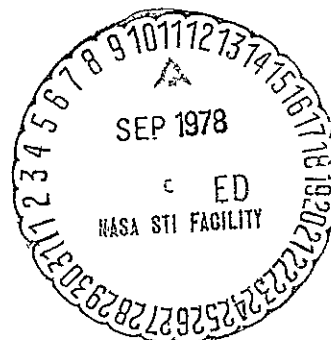


"Made available under NASA sponsorship.  
In the interest of early and wide dis-  
semination of Earth Resources Survey  
Program information and without liability  
for any use made thereof."

7.8-10.185  
CR-157375

(E78-10185) GEOLOGICAL MAPPING OF REGIONAL  
DRAINAGE NETWORK IN BRAZIL USING LANDSAT  
IMAGES (Instituto de Pesquisas Espaciais,  
Sao Jose) 55 p HC A04/MF A01 CSCL 08H  
N78-31484  
G3/43 Unclass 00185

RECEIVED BY  
NASA STI FACILITY  
DATE: 8-16-78  
DCAF NO. 002949  
PROCESSED BY  
☒ NASA STI FACILITY  
☐ ESA-SDS ☐ AIAA



CONSELHO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO CIENTÍFICO E TECNOLÓGICO

INSTITUTO DE PESQUISAS ESPACIAIS

"Made available under NASA sponsorship  
In the interest of early and wide dissemination of Earth Resources Survey  
Program information and without liability  
for any use made thereof."

1. Classificação INPE-COM.3/NTE C.D.U. 621.38SR. 556.51/.53		2 Período	4. Critério de Distribuição:  interna <input type="checkbox"/>  externa <input checked="" type="checkbox"/>
3. Palavras Chaves (selecionadas pelo autor)  REDE DE DRENAGEM IMAGENS LANDSAT INTERPRETAÇÃO VISUAL			
5. Relatório nº INPE-1279-NTE/122	6. Data Junho, 1978	7. Revisado por <i>Jorge de Mesquita</i>	
8 Título e Sub-Título  MAPEAMENTO DA REDE DE DRENAGEM DA FOLHA DE BRASÍLIA ATRAVÉS DE IMAGENS LANDSAT		9. Autorizado por <i>Nelson de Jesus Parada</i> Diretor	
10. Setor DSR	Código	11. Nº de cópias 12	
12. Autoria Tania Maria Sausen		14. Nº de páginas 40	
13. Assinatura Responsável <i>Tania Maria Sausen</i>		15. Preço	
16. Sumário/Notas  É apresentado neste trabalho, uma sistemática para a identificação e o mapeamento de redes de drenagem de caráter regional, com o objetivo de servirem de subsídio para mapeamento de geologia, geomorfologia e outros estudos que necessitem desta fonte de informação. A área de estudo é a região compreendida pela Folha de Brasília do Atlas do Brasil ao Milionésimo. Os principais aspectos observados nas redes de drenagem foram a densidade, textura, padrão, angularidade, grau de integração, orientação, grau de controle e ângulo de confluência.			
17. Observações			

## ÍNDICE

ABSTRACT .....	iv
LISTA DE FIGURAS .....	v
1. INTRODUÇÃO E OBJETIVOS .....	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	2
3. MATERIAL E METODOLOGIA .....	4
3.1 - Material .....	4
3.1.1 - Dados do Sistema LANDSAT .....	4
3.1.2 - Dados Bibliográficos e Cartográficos .....	5
3.2 - Metodologia .....	5
3.2.1 - Coleta de Dados em Imagens .....	5
3.2.2 - Análise dos Dados .....	6
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	7
4.1 - Individualização das Bacias Hidrográficas .....	7
4.1.1 - Bacia do Médio Rio São Francisco .....	7
4.1.2 - Bacia do Alto Rio Tocantins .....	25
4.1.3 - Bacia do Alto Rio Pardo .....	30
5. CONCLUSÃO .....	31
BIBLIOGRAFIA .....	32
APÊNDICE A - Brasília - Rede de Drenagem .....	A.1
APÊNDICE B - Brasília - Rede de Drenagem e Sistema Viário ...	B.1

PRECEDING PAGE BLANK NOT FILMED

## ABSTRACT

*This work presents a systematic method for the identification and mapping of regional drainage network as base information for geologic and geomorphological studies of quadrangle of Brasilia from the "Atlas do Brasil ao Milionésimo" was selected as own study area. The main features analyzed included: angle of river convergence, parameters of drainage characteristics (eg. density, texture, patterns), degree of stream integration and stream orientation.*

## LISTA DE FIGURAS

1. Disposição Espacial do Padrão de Drenagem Retangular .....	14
2. Exemplo de padrão retangular no alto curso do rio Paramirim...	15
3. Médio Curso do Rio Verde e Grande, retirado das Imagens LANDSAT (exemplo de padrão sub-retangular).....	16
4. Padrão de drenagem paralelo retirado de imagens LANDSAT .....	19
5. Disposição espacial do padrão de drenagem paralelo .....	20
6. Médio e baixo curso do rio Corrente, retirado da imagem LANDSAT .....	21
7. Alto e médio curso do rio Urucuia, retirado de imagens LANDSAT .....	23
8. Disposição espacial do padrão de drenagem dendrítico .....	24
9. Curso Médio do Rio Paranã .....	27
10. Médio Curso do rio Palma, extraído de imagens LANDSAT .....	29
11. Alto curso do rio Pardo, tirado de imagens LANDSAT .....	30

## 1. INTRODUÇÃO E OBJETIVOS

O mapeamento minucioso da rede de drenagem de uma região é de grande utilidade na confecção de mapas geológicos e geomorfológicos, bem como no planejamento do uso do solo agrícola e urbano e no estudo de potencial hidráulico de determinada área.

O estudo da disposição ou arranjo espacial da rede de drenagem, nos permite inferências sobre sua evolução, bem como sobre o futuro geomorfológico da área em estudo. Por isso, torna-se necessária a utilização de meios rápidos e eficazes para este tipo de estudo e mapeamento.

Em estudos regionais de aspectos hidrográficos, as imagens do LANDSAT-1 são ferramentas de grande utilidade. O seu caráter multiespectral, aliado a fatores como a repetitividade e a visão sinótica, são as suas principais vantagens.

A característica espectral, nos permite o mapeamento de rios principais e secundários, bem como por exemplo, a identificação de rios perenes e intermitentes, devido às diferenças de aspecto de uma mesma cena, em diferentes faixas do espectro eletromagnético. Já a repetitividade nos permite a obtenção de imagens em diferentes épocas do ano e a escolha da melhor passagem. Desta forma pode-se obter dados de período seco e chuvoso, bem como evitar-se a cobertura de nuvens e até acompanhar mudanças de curso. A visão sinótica, nos proporciona uma visão geral da estrutura da bacia de drenagem, o que vai nos auxiliar nos estudos do seu comportamento.

Partindo destes fatores, este trabalho teve por objetivo geral aprofundar o conhecimento do uso de imagens orbitais para mapeamento de redes de drenagem, de caráter regional. Dentre seus objetivos específicos, destacam-se a identificação e o mapeamento da rede de drenagem, que servirão de base para o mapeamento de geologia, geomorfologia e outros estudos que necessitem desta fonte de informação.

Foi escolhida, para estudo, a área recoberta pela Folha de Brasília, do Atlas do Brasil ao Milionésimo, que inclui partes dos estados da Bahia, Minas Gerais e Goiás. A escolha desta área deve-se ao fato de a mesma apresentar aspectos bastantes diversificados, em termos de rede hidrográfica.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Segundo Guerra (1972), drenagem é o traçado produzido pelas águas de escorrência que modelam a topografia.

O conjunto destes traçados determina os padrões de drenagem. A análise do traçado da drenagem em cartas ou em fotografias aéreas revela, em parte a estrutura e natureza das rochas e a própria tectônica.

Christofolletti (1974) diz que os estudos relacionados com as drenagens fluviais, sempre possuíram função relevante na Geomorfologia. A análise da rede de hidrografia pode levar à compreensão e à elucidação de numerosas questões geomorfológicas, pois os cursos d'água constituem processo morfogenético dos mais ativos, na escultura da paisagem terrestre.

Ricci e Petri (1965) mencionam que o estudo de determinada rede de drenagem, poderá fornecer indícios sobre a capacidade de infiltração do terreno, a qual depende, em primeiro lugar, das características físicas dos materiais que o constituem.

A identificação da rede de drenagem é um passo muito importante para o mapeamento geomorfológico. A rede de drenagem é uma das principais chaves de interpretação que a imagem do LANDSAT pode fornecer, pois reflete o comportamento estrutural, litológico, topográfico, edáfico e climático de uma dada área (Moraes, 1975).

França (1968) cita que o termo - padrão de drenagem - tem sido usado na literatura para expressar a maneira pela qual os cursos d'água se arranjam ou se distribuem dentro de uma dada área de drenagem, sugerindo um modelo ou a configuração de um objeto familiar, que empresta o nome para a classificação do padrão. Por exemplo, se os rios se distribuem à semelhança de tronco, galhos e ramos de uma árvore, o padrão é chamado dendrítico ou arborescente.

Os padrões de drenagem referem-se ao arranjo espacial dos cursos fluviais, que podem ser influenciados, em sua atividade morfogenética, pela natureza e disposição das camadas rochosas, pela resistência litológica variável, pelas diferenças de declividade e pela evolução geomorfológica da região (Christofolletti, 1974).

França (1968) nos diz que a composição e as características do padrão de drenagem variam, em primeiro lugar com a natureza do solo e depois, com a posição topográfica e com a natureza e profundidade do substrato rochoso.

O autor menciona que a composição das redes de drenagem envolvendo número e comprimento dos segmentos de rios das diversas ordens, tem alta significância hidrológica e reflete melhor as diferenças entre solos, do que o padrão de drenagem em si. O padrão, por ligar-se mais aos modelos de distribuição de rios e tributários, tem mais significância com respeito ao controle geológico e topográfico dos sistemas de drenagem.

Lobeck, conforme citação de França (1968), definiu geneticamente rios consequentes, subsequentes, ressequentes e obsequen



tes, relacionando-os à direção de inclinação de camadas, em declives assimétricos.

Novo e Nascimento (1977) chegaram à conclusão que, através da análise das imagens LANDSAT-1, é possível fazer-se um levantamento quase completo da rede de drenagem, bem como a caracterização das principais feições estruturais, esculturais e mistas de uma área.

Ricci e Petri (1965) registram que, em adição à tonalidade, à textura fotográfica e ao relevo topográfico, a drenagem superficial se revela frequentemente, para o fotointérprete, como precioso indicador da estrutura do terreno.

Segundo Valério Filho et al. (1976), as imagens orbitais, do LANDSAT-1, permitem o estudo da rede de drenagem, com vistas ao levantamento de solos de uma região, pelo menos ao nível de reconhecimento.

As imagens do LANDSAT-1 podem substituir as fontes convencionais de dados para estudos quantitativos de redes hidrográficas (Moraes, 1975).

Para a identificação da rede de drenagem, Moraes (1975), Valério Filho et al. (1976), Santos e Novo (1976), Nascimento e Nascimento (1977), utilizaram o canal 7 para a identificação dos rios maiores, uma vez que, sendo geralmente mais largos, sua lâmina de água absorve maior quantidade da radiação infravermelha, resultando numa tonalidade cinza escuro, que acompanha o seu traçado. O canal 5 foi utilizado para o levantamento da rede secundária, em áreas de cobertura vegetal pouco densa, devido à diferença de tonalidade entre a mata ciliar, que apresenta tom cinza escuro, e as áreas adjacentes.

Valério Filho et al. (1976) constataram que a utilização conjunta das imagens orbitais nas escalas 1:500.000 e 1:1.000.000

Geological mapping of  
Regional DRAINAGE NETWORK  
IN BRAS<sup>IL</sup>ILIA # USING  
LANDSAT IMAGES

BB

oferecem melhores resultados para o traçado da rede de drenagem.

### 3. MATERIAL E METODOLOGIA

#### 3.1 - MATERIAL

Para a identificação, mapeamento e estudo da rede de drenagem da Folha de Brasília foram utilizados:

##### 3.1.1 - DADOS DO SISTEMA LANDSAT

- Imagens LANDSAT-1, nos canais 5 e 7, na escala 1:1.000.000;

A Tabela 1 mostra as imagens utilizadas para o desenvolvimento deste trabalho.

TABELA 1

— — IMAGENS LANDSAT UTILIZADAS NO TRABALHO

ORBITA	PONTO	DATA	CANAL
136.2	21	20/03/73	5 e 7
136.2	22	28/09/73	5 e 7
136.2	23	20/09/73	5 e 7
150.3	20	29/07/73	5 e 7
150.3	21	29/07/73 21/09/73	5 e 7
150.3	22	29/09/73 21/09/73	5 e 7
150.3	23	21/09/73 26/09/72	5 e 7
164.4	20	22/09/73	5 e 7
164.4	21	22/09/73	5 e 7
164.4	22	22/09/73	5 e 7
164.4	23	09/09/73 22/09/73	5 e 7
178.5	20	13/07/73	5 e 7
178.5	21	18/08/73 13/09/73	5 e 7
178.5	22	31/07/73 24/01/74	5 e 7
178.5	23	31/07/73	5 e 7
192.6	20	19/08/73	5 e 7
192.6	21	19/08/73	5 e 7
192.6	22	19/08/73	5 e 7
192.6	23	19/08/73 26/05/73	5 e 7

- Mosaicos LANDSAT-1, nos canais 5 e 7, na escala 1:1.000.000. Os mosaicos foram utilizados na montagem do mapa final.

### 3.1.2 - DADOS BIBLIOGRÁFICOS E CARTOGRÁFICOS

- Folha de Brasília, do Atlas do Brasil ao Milionésimo (IBGE, 1972). Esta Folha foi usada para a localização de cidades, toponímia da área e localização dos pontos astronômicos.
- Bibliografia existente sobre a área. A bibliografia auxiliou em vários aspectos da análise, principalmente quanto à influência de clima e vegetação sobre a rede hidrográfica.

### - 3.2 - METODOLOGIA

A metodologia constou de duas etapas principais:

#### 3.2.1 - COLETA DE DADOS EM IMAGENS

A coleta de dados em imagens foi realizada através das seguintes atividades:

- visão global da área através dos mosaicos;
- identificação e traçado da drenagem principal através do canal 7, sobre cada imagem. Utilizou-se este canal para o traçado da drenagem principal, porque a água absorve o comprimento de onda de 0,8 a 1,1  $\mu$  (infravermelho) aparecendo, portanto, escura neste canal, o que facilita a sua identificação;
- identificação e traçado da drenagem secundária através do canal 5, sobre cada imagem. A rede de drenagem secundária foi identificada através da mata galeria que, absorvendo o comprimento de onda de 0,6 a 0,7  $\mu$ , aparece escura, facilitando a sua visualização;

- montagem do mapa de drenagem de acordo com as coordenadas e pontos astronômicos da Folha de Brasília;
- traçado do mapa final contendo toda a drenagem.

### 3.2.2 - ANÁLISE DOS DADOS

Para maior facilidade de análise da Rede de Drenagem da Folha de Brasília, foi feita a identificação e delimitação das principais bacias hidrográficas da região.

Para cada bacia foi feita uma análise qualitativa da rede de drenagem.

Esta análise qualitativa foi feita segundo metodologia proposta por Lueder (1959), em que foram observadas as seguintes características da bacia:

1. Grau de integração;
2. Densidade;
3. Grau de uniformidade;
4. Orientação;
5. Grau de controle;
6. Angularidade;
7. Ângulo de confluência;
8. Padrões de drenagem.

Para a análise dos padrões de drenagem foi feita uma compilação dos modelos clássicos descritos por Ricci e Petri (1965) e Howard (1967). Estes modelos foram então correlacionados com os padrões de drenagem individualizados nas imagens.

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

##### 4.1 - INDIVIDUALIZAÇÃO DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS

A rede de drenagem da Folha de Brasília é formada por três bacias distintas (Apêndice A), dentre as quais, a mais importante é a Bacia do Médio São Francisco.

##### 4.1.1 - BACIA DO MÉDIO RIO SÃO FRANCISCO

Segundo Penteado (1973), o curso do rio São Francisco está dividido em três seções:

- alto curso, que se estende da cabeceira (Planalto Sul de Minas) até Pirapora;
- médio curso, que se estende de Pirapora a Juazeiro;
- baixo curso, que se estende de Juazeiro até a foz.

O trecho compreendido pela Folha de Brasília vai de São Francisco (MG) ao sul até Ibotirama (BA) ao norte, fazendo parte por tanto da Bacia do médio curso.

Quase todo o vale até Cabrobó é uma comprida e estreita depressão (400-600m), limitada a leste pelas escarpas estruturais e tectônicas do Espinhaço e Chapada Diamantina, em linhas de cumiadas que atingem 1.000, 1.300 metros e, a oeste, pelos altos chapadões de arenito cretácico que dividem águas do São Francisco e Tocantins (Penteado, 1973).

A Serra do Espinhaço aparece nitidamente definida nas imagens LANDSAT, tanto no canal 5 como no canal 7. Observa-se, que a Serra do Espinhaço é o divisor de águas entre a bacia do São Francisco e as bacias dos rios de Contas e Paraguaçu, nela se encontrando

as nascentes dos afluentes da margem direita do São Francisco.

O Espinhaço, por ser uma superfície mais acidentada e de altitudes mais elevadas do que os chapadões, é mais fácil de ser identificada, tanto no canal 7, onde aparece a sua estrutura, lineamentos e escarpas como no canal 5, onde, devido, as diferenças de tons de cinza, pode-se identificar áreas mais desgastadas. De fato, tais áreas apresentam menor densidade de cobertura vegetal, caracterizando-se por tons claros e textura rugosa, no canal 5.

Já os chapadões cretácicos, que estão na margem esquerda do rio São Francisco, por serem superfícies mais planas e menos elevadas, não são tão claramente identificáveis, como a serra do Espinhaço. No canal 7, os chapadões cretácicos, se confundem um pouco com o vale, sendo apenas definidos pelo recorte de suas bordas onde alcançam maior desnível. No canal 5, a sua delimitação torna-se mais fácil, devido às diferenças de tons de cinza entre o vale e os chapadões.

No lado oeste dos chapadões este problema não ocorre, pelo fato de serem os mesmos uma superfície inclinada. Como se pode observar através da direção da drenagem, o escarpamento é bastante definido nos dois canais, sendo portanto, facilmente identificável.

O rio São Francisco percorre uma extensa e larga planície e aluvial. Paralelo à mesma, pode-se notar a presença de terços fluviais que, no canal 5, são facilmente identificáveis por apresentarem um tom cinza escuro, devido à presença de vegetação.

A planície aluvial, no canal 5, apresenta variações no tom de cinza, indicando provavelmente diferenças de tipo de vegetação grau de umidade ou diferentes materiais depositados. No canal 7, a sua tonalidade é clara e mais homogênea.

O tipo de clima existente na região, segundo a classificação de Koppen, é o Aw (tropical quente e úmido, abrangendo 80 a 100% da área.

Ele se caracteriza por duas estações bem distintas, uma seca (outono-inverno) e outra chuvosa (primavera-verão), ocorrendo o máximo de chuvas nos meses de dezembro a fevereiro, "sob a influência da massa de ar Equatorial Continental (Ec) cujos ventos de noroeste quentes e úmidos, ocasionam fortes chuvas e aguaceiros convectivos" (Penteado, 1973).

A pluviosidade no vale é menor do que nas chapadas elevadas e nos maciços montanhosos adjacentes (850mm, Bom Jesus da Lapa), notando-se também uma diminuição progressiva da mesma, de sul para norte, à medida que as médias temperaturas crescem.

As temperaturas médias anuais variam entre 22° e 24°C, encontrando-se, no médio vale do rio São Francisco, os índices de temperatura mais elevadas do Norte de Minas Gerais e Bahia, sendo outubro o mês mais quente (antes do início da estação chuvosa) e julho o mês mais frio.

O regime pluviométrico vigoramente no vale (estação chuvosa, primavera-verão) mais as características morfológicas e edáficas, explicam o regime do rio São Francisco, com o máximo de descarga, de janeiro a abril e um mínimo em agosto-setembro (Penteado, 1973).

A influência destas mesmas características, pode ser observada no regime dos seus afluentes.

Os afluentes da margem esquerda do São Francisco apresentam-se mais longos, perenes e melhor alimentados, devido principalmente às maiores precipitações provocadas pela Ec, bem como ao fato desses afluentes correrem sobre terrenos sedimentares que retêm com mais facilidade as águas das chuvas, proporcionando assim a estes rios,



um maior abastecimento por parte do lençol d'água subterrâneo.

Os arenitos da Formação Urucuia, que compõem os extensos platôs a oeste do rio São Francisco, funcionam como excelente aquífero, alimentador de importantes rios de águas claras, rápidas e perenes, que descem destes chapadões (Projeto Cadastramento de Ocorrências Minerais do Estado da Bahia - 1974).

Tanto no canal 5 como no canal 7, estes rios perenes são facilmente identificados, devido ao fato de apresentarem vales bastante escavados e cursos muito extensos, além de possuírem um tom de cinza escuro nos dois canais.

Os afluentes da margem direita do São Francisco, se caracterizam principalmente por serem em sua maioria, rios intermitentes, embora só cheguem a secar completamente quando submetidos a prolongada estiagem. Salienta-se, também, que outros tributários menos importantes desta margem são dotados de um acentuado regime temporário.

Os afluentes da margem direita são menores e intermitentes, devido ao fato de que os ventos alísios de sudeste, no verão são retidos pelo Espinhaço deixando a umidade em sua face oriental, o que provoca um efeito dissecante sobre a margem direita do São Francisco.

Os rios intermitentes, pertencentes a bacia do São Francisco, foram identificados, tanto no canal 5 como no canal 7, pela tonalidade clara e textura rugosa, devido à intensa ação dos processos mecânicos de erosão na área em estudo.

A vegetação característica desta região é o cerrado e a caatinga. Essas formações estão em princípio relacionadas com o clima. "O alongamento da estação seca que se verifica em direção ao norte, se manifesta na presença da caatinga" (Penteado, 1973).

A presença do cerrado verifica-se, geralmente, em áreas onde a estação chuvosa vai de dezembro a março ou abril. Os solos formados por terrenos xistosos ou siltitos dispõem de maior umidade, sustentando um cerrado denso e contínuo.

De modo geral os cerrados mais densos estão localizados nas superfícies inferiores mais recentes, mais baixas (600-700m, terciário), e os mais ralos dominam nas superfícies mais antigas, mais altas (900-1000 metros), que correspondem aos chapadões.

Os cerrados são facilmente identificados nas imagens LANDSAT, principalmente no canal 5, onde apresentam uma tonalidade de cinza clara e uma textura bastante lisa. Eles são principalmente encontrados na margem esquerda do rio São Francisco, na região dos rios e ao longo dos extensos afluentes existentes sobre o chapadão.

As caatingas começam a surgir intercaladamente aos cerrados, ao norte da cidade de São Francisco.

Encontram-se presentes em solos rasos ou litossolos, com pouco ou nenhum conteúdo de matéria orgânica, ou em solos arenosos muito permeáveis, com pequeno poder de retenção de água (Penteado, 1973).

As caatingas são encontradas nas superfícies pediplanadas mais baixas (500 - 600 metros) ou nas encostas das mesas e chapadões.

Mesmo fazendo uso do canal 5, não foi possível identificar-se a caatinga, devido ao fato de a mesma aparecer intercalada com o cerrado.

Devido a sua grande extensão e complexidade, para facilitar o estudo da bacia do rio São Francisco, serão analisados, primei

ro, os afluentes da margem direita e, depois, os afluentes da margem esquerda.

a) Margem Direita

Como já foi mencionado a característica principal dos afluentes da margem direita, é o fato de que na grande maioria, trata-se de rios intermitentes, embora sô cheguem a secar completamente quando submetidos a prolongada estiagem. Saliente-se que outros tributários menos importantes, desta margem, são dotados de um acentuado regime temporário.

Esta característica pode ser notada nos três principais afluentes da margem direita do São Francisco: rio Paramirim, rio Santo Onofre e rio Verde.

O caráter intermitente, dos dois primeiros afluentes é identificado nas imagens LANDSAT. O rio Paramirim apresenta-se na imagem com uma tonalidade clara e textura bastante rugosa nos dois canais, embora no canal 7, devido à maior reflectância, a tonalidade clara resultante torne mais fácil sua identificação. Esta alta reflectância se relaciona ao intenso processo de erosão que, aliado ao caráter intermitente dos rios desta bacia, é responsável pela exposição dos solos e rochas e pela baixa densidade de cobertura da superfície pela vegetação natural.

Já no rio Santo Onofre, a característica de rio intermitente aparece no médio e baixo curso, com tonalidade clara e textura rugosa nos dois canais.

O rio Verde Grande é o único rio da margem direita do São Francisco, que não apresenta características de rio intermitente, salvo alguns afluentes acima do paralelo de 15°S. Devido a este fato, no canal 5 apresenta-se em tom escuro em todo o seu percurso e, no canal 7, apresenta uma tonalidade menos clara do que a dos seus afluen

tes intermitentes.

A bacia do rio Verde Grande é nitidamente individualizada na imagem por sua grande extensão em área, por sua posição geográfica e por apresentar características de textura e tonalidade homogêneas em toda a área. Essas características indicam um intenso aluvionamento e terrenos férteis, aproveitados agricolamente, fato perfeitamente constatado nas imagens, principalmente nos altos cursos dos rios e nas margens dos cursos médios e inferiores.

O curso do rio Santo Onofre apresenta pronunciado controle estrutural, confinado à direção da falha de Santo Onofre. Encaixado em filitos do grupo homônimo, possui direção geral NNW, paralela à direção daqueles metassedimentos sendo portanto subsequentes. (Projeto Cadastramento de Ocorrências Minerais do Estado da Bahia, 1974).

Isto pode ser facilmente constatado na análise da imagem, onde se observa uma grande linearidade no curso do rio. Antes de sua confluência com o rio São Francisco, inflete para W em decorrência de outros falhamentos. O rio Santo Onofre corre mais ou menos paralelamente ao rio Paramirim, do qual é separado por um conjunto de pequenas serras a leste.

Pelas imagens LANDSAT, tanto no canal 5 como no canal 7, pode-se constatar que a bacia do rio Paramirim corre por um verdadeiro corredor, limitado, a leste, pela Chapada Diamantina e a oeste, por um conjunto de pequenas serras.

Com direção geral NNW e correndo, na sua maior parte, sobre rochas do complexo cristalino, é o mais importante dos afluentes do São Francisco na margem direita. Seu curso é mais ou menos paralelo à estrutura do embasamento cristalino, o que lhe confere um caráter subsequente.

Os rios da margem direita do São Francisco se organizam em dois padrões de drenagem: o retangular e o subretangular.

Segundo Ricci e Petri (1965) e Christofolletti (1974), a configuração retangular é uma modificação da drenagem em treliça ca racterizando-se pelo aspecto ortogonal devido às bruscas alterações re tangulares no curso das correntes fluviais, tanto nas principais como nas tributárias. (Figura 1).

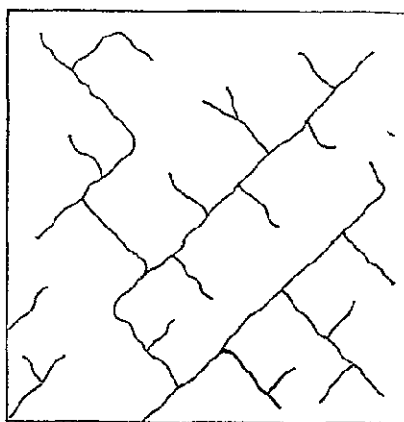


Fig. 1 - Disposição Espacial do Padrão de Drenagem Retangular

Isto pode ser observado, principalmente, ao longo do cur so do Paramirim, nas confluências do rio Juazeiro e do riacho Rosa, e na altura da cidade de Ibipitanga. (Figura 2).

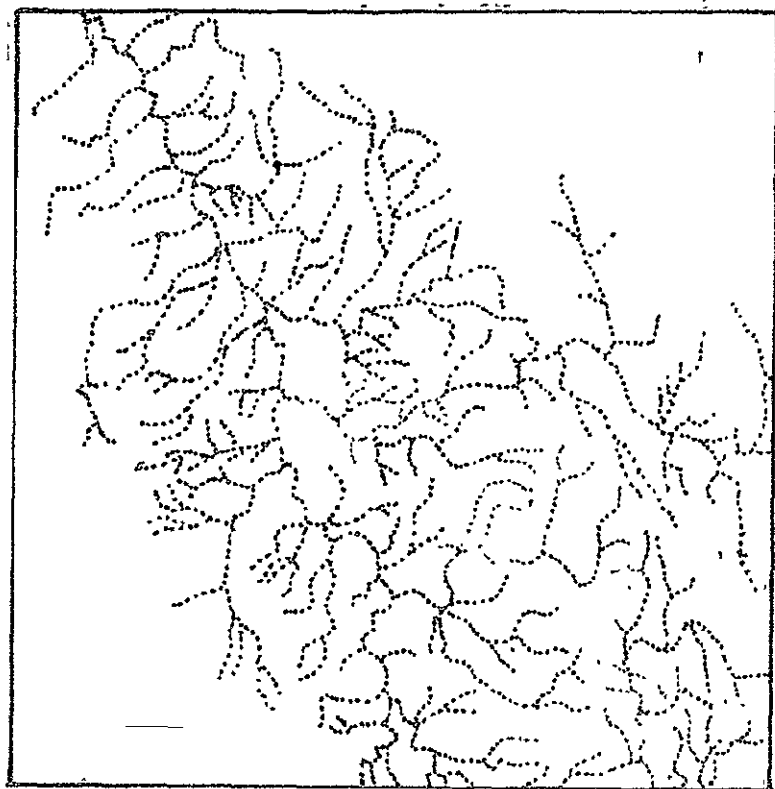


Fig. 2 - Exemplo de padrão retangular no alto curso do rio Paramirim

Este padrão apresenta-se mais irregular que o treliça, não havendo um perfeito paralelismo entre os cursos d'água que, geralmente, não são alongados. O padrão retangular sugere um sistema de falhas intercruzadas, o que pode ser observado no rio Santo Onofre, mais especificamente no seu médio e baixo curso.

O rio Verde Grande corta, no seu curso médio e superior, os metassedimentos do Grupo Chapada Diamantina, indo atravessar, no curso inferior, os calcários da Formação Caatinga. Seus tributários se guem em geral o mergulho das camadas metassedimentares, originando um padrão sub-retangular (Figura 3) (Projeto Cadastramento de Ocorrências Minerais do Estado da Bahia, 1974).

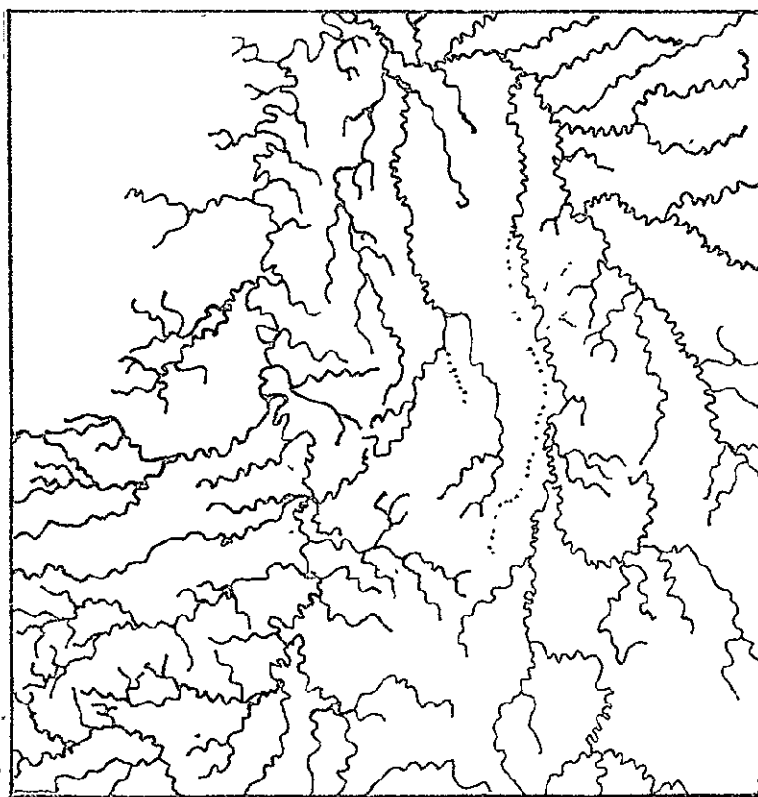


Fig. 3 - Médio Curso do Rio Verde e Grande, retirado das Imagens LANDSAT (exemplo de padrão sub-retangular)

Este tipo de padrão de drenagem apresenta os ângulos de junção menos acentuados que no padrão retangular localizando-se em zonas periféricas a região de falha, adaptando-se a uma zona de fratur

ramento. Pela lineariedade dos afluentes do rio Verde Grande, pode-se supor, observando-se as imagens LANDSAT, que eles estejam encaixados em uma rede de fraturamento. Nas imagens LANDSAT não foi possível a identificação das fraturas, mas pode-se inferi-las através da disposição da rede de drenagem.

Os três afluentes da margem direita do São Francisco, apresentam uma rede de drenagem com uma densidade mais ou menos elevada, sendo que a textura dos rios Paramirim e Santo Onofre é mais ou menos fina, ao contrário da textura do rio Verde Grande, que é grosseira. Os rios Santo Onofre e Verde Grande apresentam um elevado grau de integração, sendo que no último, esse grau é maior no curso inferior e, no Santo Onofre, o grau de integração maior ocorre no rio principal. No rio Paramirim, o grau de integração apresenta-se pouco elevado, principalmente nos cursos médio e superior.

#### b) Margem Esquerda

Os rios da margem esquerda do rio São Francisco caracterizam-se, como já foi citado, não só por sua maior extensão mas, também, porque, correndo sobre terrenos sedimentares, são melhor alimentados pelo lençol d'água subterrâneo. O solo retém mais a água pluvial que, por sua vez, também é mais abundante neste lado do rio São Francisco (Grande Região Leste, 1965).

Nesta margem registra-se a transição de climas, do quente para o mesotérmico.

Quanto à distribuição das chuvas, registra-se um regime tropical com um longo período úmido, que compreende primavera-verão-outono, sendo que o verão é a estação chuvosa. A estação do inverno é seca durante um período que varia de um a três meses, embora haja algumas precipitações motivadas pela passagem de frentes frias (Países do Brasil, 1968).



Encontram-se nesta margem do rio São Francisco, afluentes importantes como os rios Corrente, Caririnha, Grande e Urucuia.

Entre os rios Caririnha e Corrente, da borda do planalto à margem do São Francisco, encontram-se terras pouco exploradas, onde se eleva a Serra do Ramalho que é identificada, no canal 7, pelo seu escarpamento e, no canal 5, pela diferença de tom de cinza.

Na margem esquerda do rio Corrente, a borda do planalto dirige-se para leste, para depois tornar-se mais ou menos paralela ao São Francisco, limitando uma faixa de caatingas (Moraes Rego, 1936).

O rio Urucuia nasce no alto da chapada que divide as águas do São Francisco, das águas do Tocantins, para depois correr em canyons mais ou menos estreitos, que se abrem nas planuras adjacentes à margem.

O Planalto Ocidental é profundamente escavado pelo vale do rio Grande em larga depressão de contorno marcado pelo curso desse rio. Este fato é observado no canal 7, onde a parte escavada aparece num tom de cinza claro e com uma textura rugosa, devendo-se isto aos processos mais ativos de erosão.

A drenagem do Planalto Ocidental se distribui entre os rios Corrente e Grande, sendo que este último arrebanha um maior número de afluentes. Cursos d'água, com cabeceiras a pequena distância do São Francisco, correm para oeste e são muito adiante se encurvam para o norte, em busca do rio Grande (Moraes Rego, 1936).

Nas imagens LANDSAT, principalmente no canal 5, pode-se observar esta disposição da drenagem, que sugere a existência de um controle estrutural acentuado.

A maioria dos afluentes da margem esquerda do São Francisco, apresentam o padrão paralelo, principalmente no seu alto curso. Este padrão é facilmente identificado nas imagens LANDSAT, nos dois canais (Figura 4).

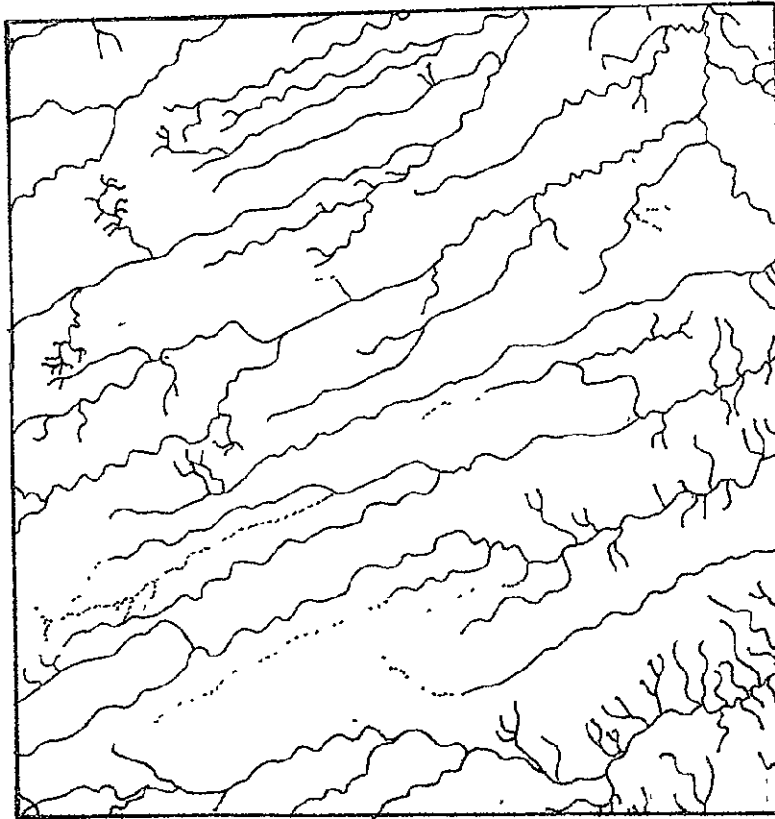
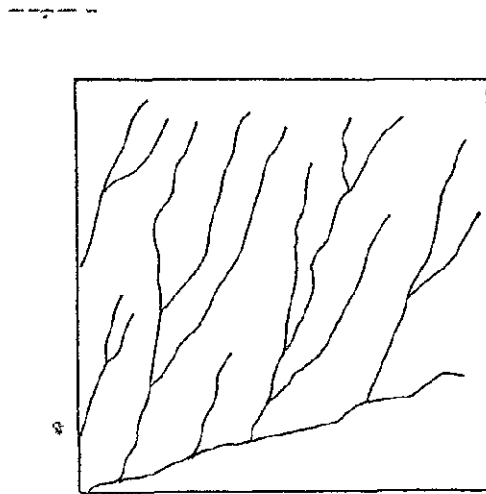


Fig. 4 - Padrão de drenagem paralelo retirado de imagens LANDSAT

ORIGINAL PAGE IS  
OF POOR QUALITY

Segundo Ricci e Petri (1965) e Christofolletti (1974), este tipo de padrão se caracteriza por uma série de cursos d'água, que correm mais ou menos paralelos, entre si, em uma extensão relativamente grande, sendo os rios consequentes (Figura 5). A presença de drenagem paralela se deve à existência de declives unidirecionais extensos e suficientemente pronunciados.



Fi. 5 - Disposição espacial do padrão de drenagem paralelo

No alto curso, o padrão de drenagem é nitidamente paralelo, com rios bastante longos e com poucos afluentes. Já no médio e baixo curso, esta característica não é tão evidente e o padrão de drenagem adquire um caráter que pode ser classificado como subparalelo, chamando a atenção principalmente para o maior número de afluentes (Figura 6).

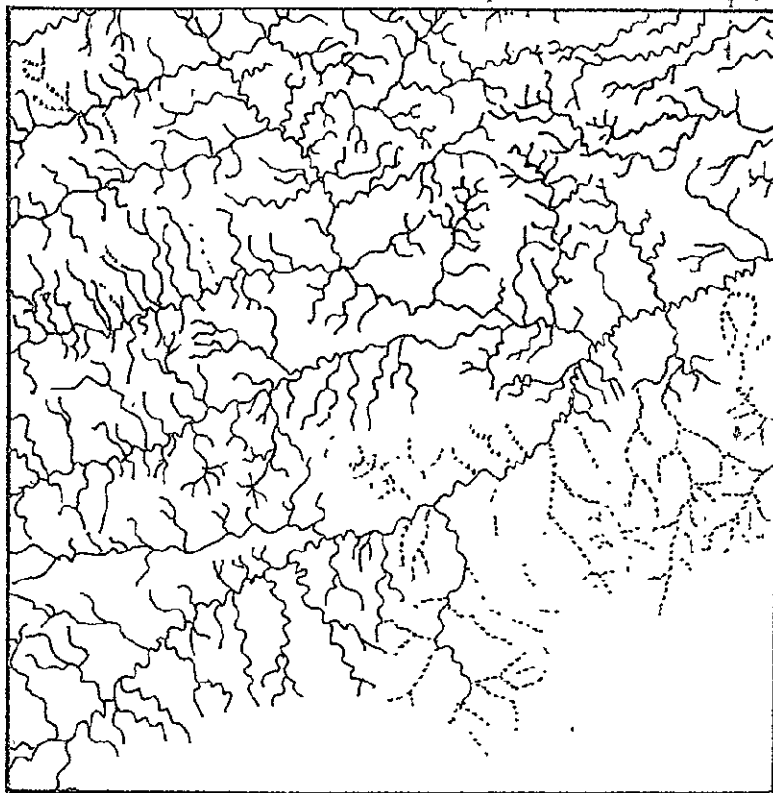


Fig. 6 - Médio e baixo curso do rio Corrente, retirado da  
imagem LANDSAT

A presença do padrão paralelo sugere um forte contro  
le estrutural e a presença de terrenos permeáveis, o que pode ser ni  
tidamente observado nos rios Porcos, Guarã, Gado e do Meio.

Os rios com este padrão de drenagem, apresentam uma  
densidade pequena nos cursos superiores. A textura é bastante gros  
seira e o grau de integração elevado.

Já nos cursos médio e inferior, a densidade da rede  
torna-se bastante elevada, a textura mais fina e o grau de integra  
ção menor. Isto sugere a presença de terrenos mais impermeáveis e de  
um menor controle estrutural tendendo, como já foi mencionado, ao pa

drão subparalelo. Tal fato pode ser observado com clareza nos rios Arrojado, Formoso e Correntina.

A textura é lisa nos dois canais. No alto curso dos rios, próximo ao divisor de águas, aparecem manchas, bastante claras que caracterizam áreas de solos nus e arenosos, tanto no comprimento de onda visível quanto no infravermelho. Esses solos nus nas cabeceiras dos rios, são determinados pelo intenso processo de erosão regressiva que ocorre nessa área e que é facilmente visualizada na imagem.

A tonalidade escura do restante da área, caracteriza a vegetação de cerrado.

Somente o rio Urucuia apresenta um padrão diferente - dendrítico (Figura 7).

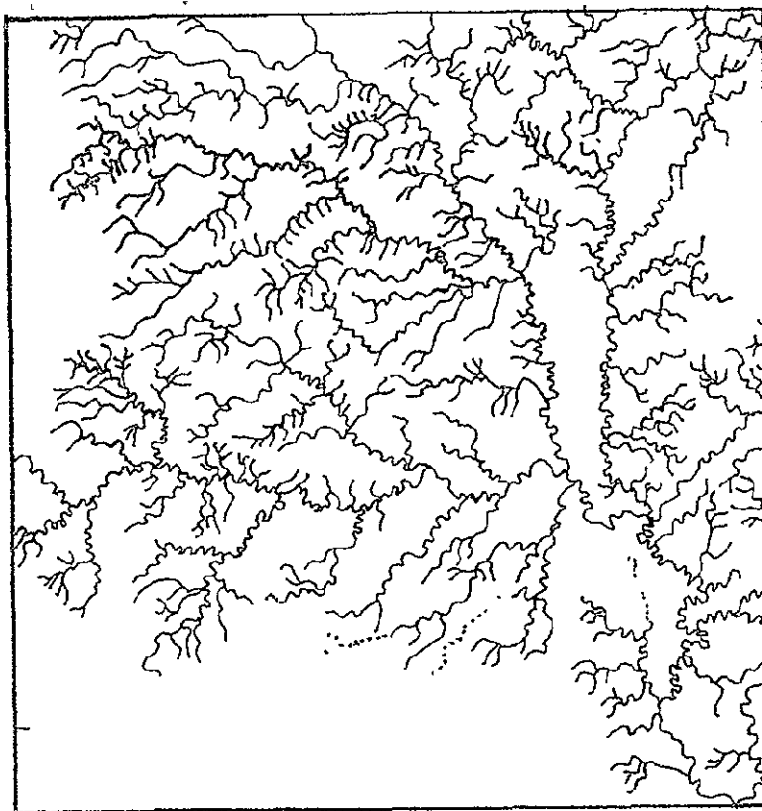


Fig. 7 - Alto e médio curso do rio Urucuiá, retirado de imagens LANDSAT

Segundo Ricci e Petri (1965) e Christofolletti (1974), este padrão caracteriza-se por ramificações irregulares de cursos d'água em todas as direções, com os afluentes formando os mais variados ângulos de união com o curso principal. Os rios são, quanto à origem insequentes, pois que aparentemente não são controlados por nenhum fator, quer topográfico, quer estrutural (Figura 8).

ORIGINAL PAGE IS  
OF POOR QUALITY

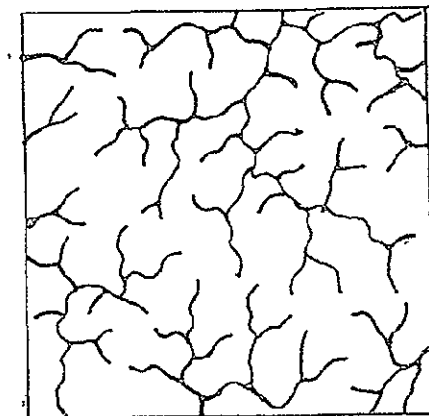


Fig. 8 - Disposição espacial do padrão de drenagem dendrítico

Esse padrão é tipicamente desenvolvido sobre rochas de resistência uniforme, ou em estruturas sedimentares horizontais.

Isto é observado nas imagens LANDSAT, onde o rio Urucuia corre paralelo a Serra do Estreito em grande parte do seu percurso (aproximadamente 70 km). Seus afluentes da margem esquerda são curtos, pouco ramificados e alguns aparecem encaixados nesta serra, possivelmente formando gargantas estreitas. Já os afluentes da margem direita, são bem mais longos, bastante ramificados, não estando encaixados em nenhuma estrutura.

Os cursos dos rios aparecem com uma tonalidade escura no canal 5, devido à mata galeria, e clara no canal 7, resultante do trabalho de escavamento. A textura é lisa nas cabeceiras dos afluentes, mas é rugosa onde a drenagem põs a mostra terrenos subjacentes.

#### 4.1.2 - BACIA DO ALTO RIO TOCANTINS

A parte da Bacia do Alto rio Tocantins, na Folha de Brasília, localiza-se a oeste da Serra Geral de Goiás que funciona como divisor de águas, entre os rios desta bacia e os da bacia do São Francisco, e é perfeitamente definida nas imagens do LANDSAT, nos dois canais, devido ao seu pronunciado escarpamento, apresentando, assim, uma textura bastante rugosa e grandes diferenças de tons de cinza.

Esta bacia caracteriza-se por rios perenes, devido, principalmente, ao regime de chuvas da região que é do tipo AW, com duas estações bem definidas, uma seca (outono-inverno) e outra chuvosa (primavera-verão), apresentando uma pluviosidade bastante intensa (chuvas torrenciais) de outubro a abril com máximo de chuvas em janeiro. Nos meses de junho e julho a precipitação pode ser considerada nula, sendo que é neste último mês que ocorrem as temperaturas mais baixas.

Devido ao caráter perene dos rios desta bacia, aparecem em tom cinza escuro no canal 7, já que a água absorve a radiação na faixa do infravermelho. No canal 5, eles aparecem também neste tom, devido à absorção da radiação nesta faixa do visível, pela mataciliar. Este fato pode ser observado nitidamente nos cursos dos rios Palma e Paranã, que são os dois mais importantes afluentes desta bacia.

O regime de longo período de estiagem e chuvas torrenciais no verão, típico desse clima, determina o elevado índice de lixiviação dos solos e intensa laterização. Em consequência temos solos pobres em nutrientes e muito ácidos, pois a maioria origina-se de rochas silicosas, que predominam na área; alia-se a isso a má distribuição hídrica, a impermeabilidade da capa laterítica e a intensa insolação que cria condições propícias para o desenvolvimento da



Savana Tropical (cerrado, cerradão, campo sujo, etc.) que cobre quase toda a região (Relatório da Prospeção sobre o Projeto Brasília - Goiás, 1969).

Esta área é coberta em sua maior parte, por cerrados e campos sujos, sendo que estes últimos surgiram devido à degradação e às constantes queimadas dos primeiros. O mesmo motivo, em certos locais, determinou que a mata seca desse lugar ao cerrado, que nas imagens LANDSAT, canal 5, aparecem em tom cinza escuro, homogêneo e ocupa uma vasta extensão.

No alto curso dos rios Palma e Paranã, principais afluentes da margem direita do Tocantins, numa larga faixa norte-sul sobre solos calcários, ocorre uma típica mata seca (caducifólia). Este tipo de mata se desenvolve apenas em consequência da fertilidade do solo que, no entanto, por não reter água durante o longo período seco determina a queda das folhas no estio.

O rio Paranã é o principal afluente do Tocantins, em sua margem direita, e é o que ocupa maior extensão, neste trecho da Folha de Brasília, indo desde a cidade de Formosa, bem ao sul, até a cidade de Paranã, ao Norte, percorrendo uma larga e extensa planície fluvial.

É separado de outros afluentes do Tocantins, de menor importância, pela Serra Geral do Paranã a oeste. Esta serra aparece nitidamente definida nas imagens LANDSAT, principalmente no canal 7, devido à diferença de altitude com relação a terrenos subjacentes, bem como à sua textura mais rugosa, em comparação com a textura da planície fluvial.

As nascentes deste rio encontram-se por volta de 1000m (Formosa) e seu curso inferior por volta de 300m (Paraná). Sua direção norte, no alto curso, passa bruscamente para noroeste no curso

médio, quando ele corta a Serra Geral do Paraná. Essa passagem pela Serra provocará um estreitamento da sua planície fluvial, o que pode ser perfeitamente observado nas imagens LANDSAT.

Devido ao fato deste rio cortar a Serra Geral do Paraná, é mais fácil definir-se a planície fluvial no alto e baixo curso, onde a textura é mais lisa e a tonalidade apresenta-se mais homogênea, além de ser a mesma uma larga faixa entre duas serras delimitadas por escarpas que são bem nítidas nos dois canais.

O padrão de drenagem da bacia do rio Paraná é o retangular-dendrítico (Figura 9), segundo o modelo de Ricci e Petri.

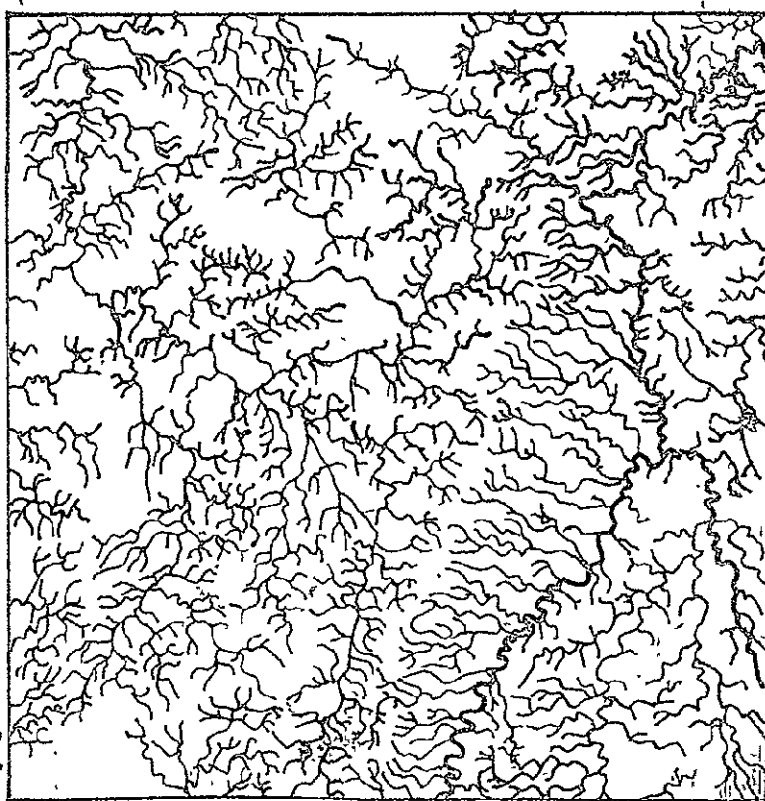


Fig. 9 - Curso Médio do Rio Paraná

ORIGINAL PAGE IS  
OF POOR QUALITY

Segundo eles, este padrão apresenta os rios principais colocando-se subsequentemente sobre planos de menor resistência, formando do modelo retangular (ou angular), enquanto os blocos de rocha, isolados pelas fraturas, são drenados por tributários inseqüentes formando modelos dendríticos (Ricci e Petri, 1965).

A bacia do rio Paranã apresenta uma densidade alta e uma textura fina nos afluentes da margem esquerda, junto a Serra Geral do Paranã, mas quanto aos afluentes da margem direita, a densidade apresenta-se mais baixa e a textura mais grosseira. O grau de integração é maior no curso superior.

O rio Palma está localizado ao norte da Folha de Brasília. Ele corre na direção SSW encontrando-se com o Paranã na cidade do mesmo nome. Suas cabeceiras encontram-se em cotas de 800 metros e sua foz em cotas de 300 metros. As nascentes desta bacia encontram-se na Serra Geral de Goiás e quase a totalidade de seu curso corre numa larga e extensa planície.

O padrão de drenagem é o retangular-dendrítico (Figura 10). Os afluentes do seu alto curso apresentam maior ramificação e um padrão tendendo mais ao dendrítico. A erosão regressiva desses rios é responsável pela escarpa erosiva da Serra Geral de Goiás, que aparece bem nítida nos dois canais das imagens LANDSAT.

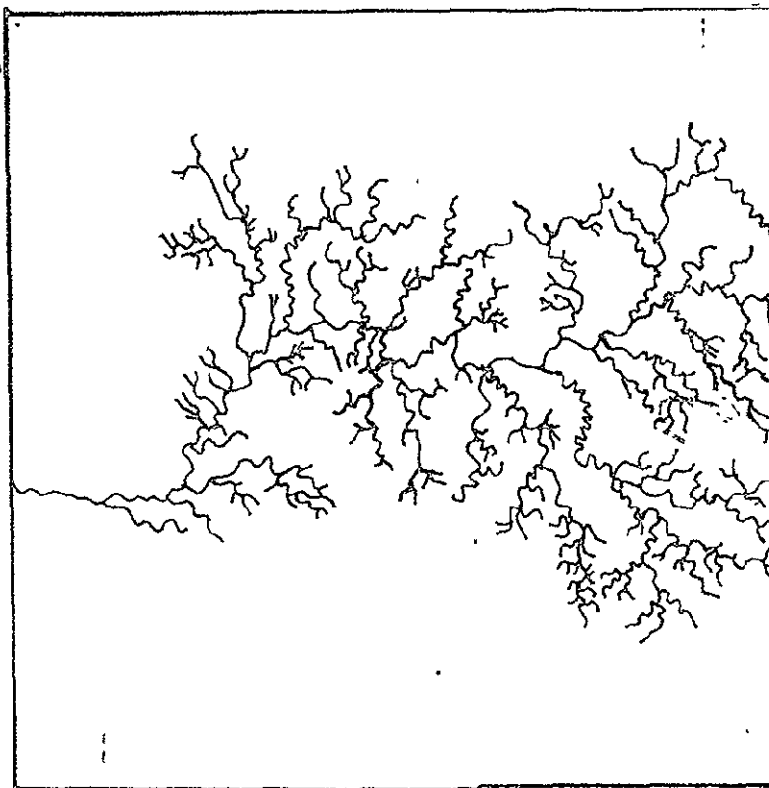


Fig. 10 - Médio curso do rio Palma, extraído de imagens  
LANDSAT

O curso principal dessa bacia drena uma região intensamente dissecada provavelmente por erosão fluvial. Esta bacia apresenta uma alta densidade e uma textura fina, sendo que o grau de integração é mais elevado no curso superior.

ORIGINAL PAGE IS  
OF POOR QUALITY

#### 4.1.3 - BACIA DO ALTO RIO PARDO

Esta bacia localiza-se na parte SE da folha, no estado de Minas Gerais tendo a Serra do Espinhaço como principal divisor de águas da Bacia do rio São Francisco.

Apresenta um padrão de drenagem dendrítico caracterizando-se por ramificações irregulares de cursos d'água em todas as direções, com os afluentes formando os mais variados ângulos de união com o curso principal.

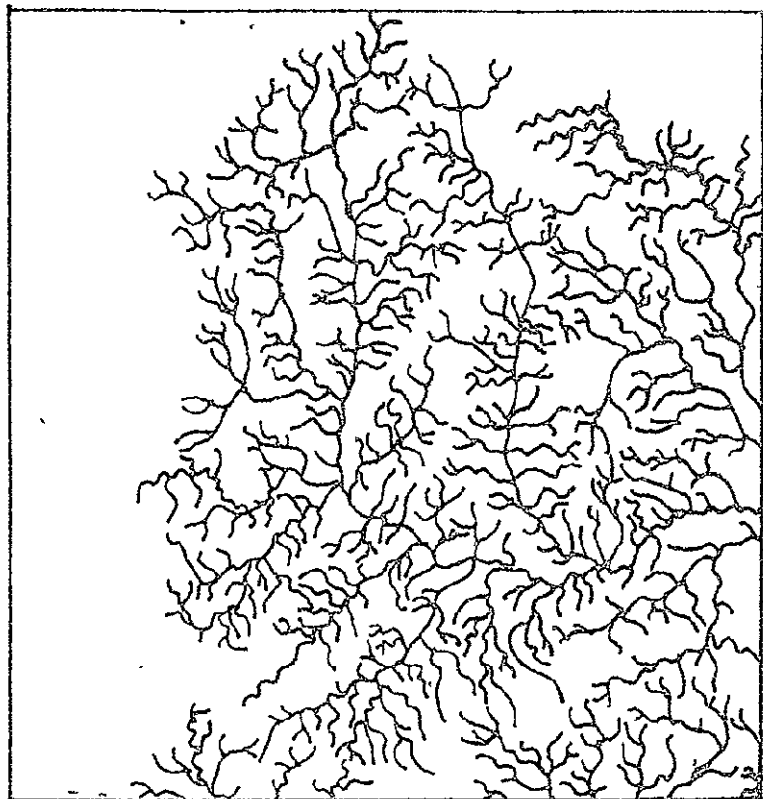


Fig. 11 - Alto curso do rio Pardo, tirado de imagens LANDSAT

Os rios são insequentes, pois aparentemente não são controlados por nenhum fator, quer topográfico, quer estrutural.

Este modelo de drenagem se desenvolve onde as rochas oferecem resistência uniforme na horizontal. Pode sugerir a presença de rochas sedimentares, com atitude horizontal e ausência de fraturas como também rochas sedimentares dobradas mas sem linhas de menor resistência à erosão.

A rede de drenagem apresenta-se bastante densa, com textura fina e um baixo grau de integração. Os rios são perenes e localizam-se entre as cotas altimétricas de 1000 e 800 metros.

O rio principal se apresenta com tonalidade clara nos dois canais, embora os interflúvios sejam mais escuros no canal 5, isto se deve à cobertura vegetal existente na região, sendo provavelmente um cerrado. A textura apresenta-se rugosa nos dois canais.

## 5. CONCLUSÃO

Uma análise de rede de drenagem pode ser feita de várias maneiras, utilizando-se de vários critérios.

Neste trabalho tal análise prendeu-se a informações bibliográficas e a descrições das bacias. A contribuição principal dada por esta análise, foi a sua execução através de imagens do LANDSAT-1 na escala 1:1.000.000, o que dá ao estudo um caráter regional. Estabeleceram-se algumas chaves de interpretação de análise de drenagem através de imagens orbitais que podem ser aplicadas e ampliadas em futuros trabalhos deste tipo, o que é altamente desejável face às vantagens oferecidas por tais imagens.

## BIBLIOGRAFIA

- BRASIL. SECRETARIA DAS MINAS E ENERGIA. Coordenadoria de Produção Mineral. *Relatório do Projeto Cadastramento de Ocorrências Minerais do Estado da Bahia. Área de Barreiras*. Bahia, SME/CBPM, s.d. v.3, 1974.
- CHRISTOFOLETTI, A. *Geomorfologia*. São Paulo, USP, 1974.
- CONSELHO NACIONAL DE GEOGRAFIA. Grande Região Leste. In: \_\_\_\_\_. *Geografia do Brasil*. Rio de Janeiro, 1965. V.5, Série A.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE PRODUÇÃO MINERAL. *Relatório da Prospeção sobre Projeto Brasília-Goiás*. Rio de Janeiro, 1969.
- FRANÇA, G.V. *Interpretação Fotográfica de Bacias e de Rede de Drenagem aplicada a solos da Região de Piracicaba*. Tese de Doutorado. Piracicaba, Escola Superior A. Luiz de Queiroz, ESLQ.
- GUERRA, A.T. *Dicionário Geológico-Geomorfológico*. 4 ed. Rio de Janeiro, Instituto Brasileiro de Geografia, 1972.
- MORAES, E.M.L. *Contribuição ao Conhecimento Geomorfológico da Chapada das Mongabeiras e Região Adjacente através de Imagens ERTS-1*. São José dos Campos, INPE, 19 (INPE-591-RI/280, SERE-GRUGE).
- . *Análise Morfométrica de bacias hidrográficas através de imagens do LANDSAT-1*. São José dos Campos, INPE, 1975 (INPE-728-NTI/026, CRT-GRUGE).
- MORAES, E.M.L.; LEITE NASCIMENTO, M.A.G. *Mapeamento Geomorfológico através de imagem do LANDSAT-1*. São José dos Campos, INPE, 1977. (INPE-1076-NTE/102).
- PENTEADO, N.N.; RANZANI, G. *Relatório de Viagem ao Médio Vale do Rio São Francisco*. São Paulo, USP/Instituto de Geografia, 1973.

REGO, L.F.de M. O Vale do São Francisco Separata da Revista do *Musey Paulista da Universidade de São Paulo*, 20; 491-706, 1936.  
(Ensaio de Monography Geographia)

RICCI, M.; PETRI, S. *Princípios de Aerofotogrametria e Interpretação Geológica*. São Paulo, Nacional, 1965.

SANTOS, A.P.; MORAES.NOVO, E.M.L. de *Uso de dados do LANDSAT-1 na implantação, controle e acompanhamento de projetos agropecuários no sudoeste da Amazonia Legal*. São José dos Campos, INPE, 1977.  
(INPE-1044-TPT/056).

VALÉRIO FILHO, M.; HIGA, N.T.; CARVALHO, V.C. *Avaliação das Imagens Orbitais - LANDSAT-1; como base para levantamento de Solos*. Tese de Mestrado. São José dos Campos, INPE, 1976.



APÊNDICE A

MAPA BRASÍLIA - REDE DE DRENAGEM

APÊNDICE B

MAPA BRASÍLIA - REDE DE DRENAGEM E SISTEMA VIÁRIO